

**PRARANCANGAN PABRIK SODIUM METHYLATE DARI METANOL DAN
NATRIUM HIDROKSIDA MENGGUNAKAN PROSES *REACTIVE DISTILLATION* -
PERVAPORATION DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**



TUGAS AKHIR

**Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir dan Seminar
Tugas Akhir pada Program Studi S-Tr Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah
Vokasi, Universitas Diponegoro**

Disusun oleh:

**Salsa Kamilia NIM 40040122650020
Yessy Nathania NIM 40040122650030**

**PROGRAM STUDI S-Tr TEKNOLOGI REKAYASA KIMIA INDUSTRI
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INDUSTRI
SEKOLAH VOKASI
SEMARANG
2026**

HALAMAN PENGESAHAN
PRARANCANGAN PABRIK SODIUM METHYLATE DARI METANOL DAN
NATRIUM HIDROKSIDA MENGGUNAKAN PROSES *REACTIVE DISTILLATION-*
***PERVAPORATION* DENGAN KAPASITAS 80.000 TON/TAHUN**

TUGAS AKHIR

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Mata Kuliah Tugas Akhir dan Seminar
Tugas Akhir pada Program Studi S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Sekolah
Vokasi, Universitas Diponegoro

Disusun Oleh:

YESSY NATHANIA

NIM. 40040122650030

Disetujui dan Disahkan Sebagai Laporan Tugas Akhir

Semarang, 25 Mei 2026

Dosen Pembimbing



Abdullah Malik Islam Filardli, S.T., M.T.

NIP. 199608152024061003

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini

Nama : Yessy Nathania
NIM : 40040122650030
Judul Tugas Akhir : Prarancangan Pabrik Sodium Methylate 30% dari Metanol dan Natrium Hidroksida Menggunakan Proses *Reactive Distillation - Pervaporation* dengan Kapasitas 80.000 Ton/Tahun
Fakultas/Prodi : Sekolah Vokasi/S.Tr. Teknologi Rekayasa Kimia Industri

Menyatakan bahwa tugas akhir ini merupakan karya Saya Yessy Nathania dan Partner Saya Salsa Kamilia didampingi pembimbing dan bukan hasil jiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam tugas akhir ini, maka Saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Diponegoro sesuai aturan yang berlaku. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa ada paksaan dari siapapun.



Semarang, 26 Mei 2026



Yessy Nathania

NIM. 40040122650030

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
KATA PENGANTAR	xii
INTISARI	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Kapasitas Rancangan.....	2
1.2.1 Proyeksi Kebutuhan Sodium Methylate di Indonesia	2
1.2.2 Kapasitas Produksi Komersial yang Sudah Ada di Dunia	3
1.2.3 Ketersediaan Bahan Baku.....	5
1.3 Lokasi Pabrik.....	6
1.3.1 Ketersediaan Bahan Baku.....	6
1.3.2 Letak Pasar	7
1.3.3 Utilitas	8
1.3.4 Transportasi	10
1.3.5 Tenaga Kerja	11
1.3.6 Letak Geografis	12
1.4 Tinjauan Proses	14
1.4.1 Macam-macam Proses Pembuatan Sodium methylate.....	15
1.4.2 Pemilihan Proses	20
BAB II DESKRIPSI PROSES	22
2.1 Spesifikasi Bahan Baku dan Produk.....	22
2.1.1 Spesifikasi Bahan Baku.....	22
2.1.2 Spesifikasi Produk.....	23
2.2 Konsep Proses	23
2.2.1 Dasar Reaksi.....	23
2.2.2 Mekanisme Reaksi.....	24
2.2.3 Sifat Reaksi.....	24
2.3 Langkah Proses.....	27

2.3.1	Tahap Penyimpanan Bahan Baku.....	27
2.3.2	Tahap Penyiapan Bahan Baku.....	28
2.3.3	Tahap Reaksi Pembentukan Sodium methylate dan Distilasi Air.....	28
2.3.4	Tahap <i>Recycle</i> Methanol	29
2.3.5	Tahap Penyimpanan dan Pengemasan Produk.....	29
2.4	Process Diagram Alir Sodium methylate	31
2.5	Neraca Massa dan Panas	32
2.5.1	Neraca Massa.....	32
2.5.2	Neraca Panas	34
2.6	Tata Letak Pabrik dan Pemetaan	38
2.6.1	<i>Lay Out</i> Pabrik.....	38
2.6.2	<i>Lay Out</i> Peralatan Proses.....	41
BAB III SPESIFIKASI ALAT		44
3.1	Unit Penyimpanan	44
3.2	Unit Pemindah.....	46
3.3	Unit Penukar Panas.....	47
3.4	Unit Reaksi	48
3.5	Unit Pemisah	51
BAB IV UNIT PENDUKUNG PROSES.....		52
4.1	Unit Pengadaan Air	53
4.1.1	Sumber Air	53
4.1.2	Kebutuhan Air	53
4.2	Unit Pengadaan Listrik	59
4.2.1	Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses	59
4.2.2	Kebutuhan Listrik untuk Utilitas	60
4.2.3	Kebutuhan Listrik untuk Penerangan.....	60
4.2.4	Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Udara.....	62
4.2.5	Kebutuhan Listrik untuk Laboratorium, Instrumentasi, dan Bengkel.....	62
4.3	Unit Pengadaan Steam.....	64
4.3.1	Kebutuhan Steam.....	64
4.3.2	Perhitungan Kapasitas Boiler.....	65
4.3.3	Jenis dan Spesifikasi Boiler.....	65
4.3.4	Perhitungan Bahan Bakar untuk Boiler	66
4.4	Unit Pengadaan Bahan Bakar	66
4.5	Unit Pengadaan Udara Tekan	67

4.5.1	Plant Air Unit	67
4.5.2	<i>Instrument Air Unit</i>	68
4.6	Laboratorium	68
4.6.1	Bagian-Bagian Laboratorium	69
4.6.2	Pengujian yang Dilakukan di Laboratorium.....	69
4.7	Unit Pengolahan Limbah	71
4.7.1	Identifikasi Limbah	71
4.7.2	Baku Mutu Limbah.....	72
4.7.3	Pengolahan Limbah	74
4.8	Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup.....	75
4.8.1	Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3).....	76
4.8.2	Kelestarian Lingkungan Hidup.....	76
4.8.3	HIRADC (<i>Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control</i>)..	77
4.9	Instrumentasi	81
4.9.1	Pemilihan Instrumentasi	81
4.9.2	Jenis-jenis Instrumentasi	82
4.9.3	Daftar Instrumentasi pada Peralatan.....	82
BAB V MANAJEMEN PERUSAHAAN.....		84
5.1	Bentuk Perusahaan.....	84
5.2	Struktur Organisasi	86
5.3	Tugas dan Wewenang.....	89
5.3.1	Dewan Komisaris	89
5.3.2	Dewan Direksi	89
5.3.3	Kepala Bagian.....	90
5.4	Kebutuhan Karyawan dan Sistem Pengupahan	93
5.5	Penggolongan Jabatan, Jumlah Karyawan dan Gaji.....	94
5.5.1	Penggolongan Jabatan	94
5.5.2	Jumlah Karyawan Total.....	95
5.5.3	Penggolongan Gaji Menurut Jabatan Tabel	99
5.6	Kesejahteraan Sosial Karyawan	100
5.7	<i>Corporate Social Responsibility (CSR)</i>	104
5.7.1	Dasar Pelaksanaan dan Kebijakan Program CSR.....	104
5.7.2	Pengertian <i>Corporate Social Responsibility (CSR)</i>	104
5.7.3	Kebijakan CSR pada Pabrik Sodium Methylate	105
BAB VI TROUBLESHOOTING		107

BAB VII ANALISA EKONOMI	122
7.1	Perkiraan Harga Peralatan 122
7.2	Dasar Perhitungan 124
7.2.1	Kapasitas Produksi..... 124
7.2.2	Kebutuhan Bahan Baku 125
7.2.3	Harga Bahan Baku dan Produk..... 125
7.3	Perhitungan Biaya 125
7.3.1	<i>Capital Investment</i> 125
7.3.2	<i>Production Cost</i> 129
7.4	Analisa Kelayakan..... 132
7.5	Hasil Perhitungan 134
7.5.1	Hasil Perhitungan Biaya 134
7.5.2	Hasil Analisa Kelayakan 137
BAB VIII LIFE CYCLE ASSESSMENT	143
8.1.	Goal and Scope..... 143
8.2.	Life Cycle Inventory (LCI) 143
8.3.	<i>Life Cycle Impact Assessment (LCIA)</i> 145
8.3.1.	<i>Marine Ecotoxicity</i> 147
8.3.2.	<i>Freshwater ecotoxicity</i> 147
8.3.3.	<i>Human Carcinogenic Toxicity</i> 148
8.3.4.	<i>Human Non-Carcinogenic Toxicity</i> 148
8.3.5.	<i>Terrestrial ecotoxicity</i> 149
8.3.6.	Kategori Dampak yang Tidak Signifikan..... 150
8.3.7.	Interpretasi dan Rekomendasi 152
8.4.	Kesimpulan Pembahasan..... 153
LAMPIRAN A. NERACA MASSA.....	160
LAMPIRAN B. NERACA PANAS.....	165
LAMPIRAN C. PERHITUNGAN SPESIFIKASI ALAT.....	171
LAMPIRAN D. PERHITUNGAN ANALISIS EKONOMI.....	230

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1. Kebutuhan Sodium Methylate di Indonesia (Badan Pusat Statistik, 2026)	2
Tabel 1. 2 Kapasitas pabrik sodium methylate yang sudah berdiri di dunia (Market.us, 2024) 4	
Tabel 1. 3 Ketersediaan Bahan Baku	5
Tabel 1. 4 Pabrik penyedia bahan baku	7
Tabel 1.5. Pabrik Biodiesel yang Telah Berdiri di Indonesia (Abdul, 2023).....	7
Tabel 1. 6 Data kapasitas pembangkit listrik di beberapa provinsi di Indonesia.....	8
Tabel 1. 7 Data sungai terpanjang di Indonesia	9
Tabel 1. 8 Daftar pelabuhan internasional di Indonesia.....	10
Tabel 1. 9 Jarak pelabuhan ke kawasan industri	11
Tabel 1. 10 Persentase pengangguran dan tamatan pendidikan tinggi di tiap provinsi di Indonesia.....	12
Tabel 1. 11 Perbandingan alternatif pendirian lokasi pabrik.....	13
Tabel 1.12. Pertimbangan Proses Pembuatan Sodium Methylate.....	20
Tabel 2. 1 Harga ($\Delta H^{\circ}f$) masing-masing komponen (Perry's Chemical Engineers' Handbook, 2008)	25
Tabel 2.2. Harga ($\Delta G^{\circ}f$) masing-masing komponen (Yaws, 1999).	26
Tabel 2. 3 Data Berat Molekul.....	32
Tabel 2. 4 Komposisi Target Produk.....	32
Tabel 2.5 Neraca Massa <i>Mixing Tank</i> (MT-01).....	32
Tabel 2.6 Stokiometri Reaksi Sodium Methylate	33
Tabel 2.7 Neraca Massa <i>Reactive Distillation</i> (RD-01).....	33
Tabel 2.8 Neraca Massa Membran Pervaporasi.....	33
Tabel 2.9 Neraca Massa Overall	34
Tabel 2.10 Neraca Panas Heater (H-01)	34
Tabel 2.11 Neraca Panas Reaktif Distilasi (RD-01).....	35
Tabel 2.12 Neraca Panas Membran Pervaporasi (MP-01).....	36
Tabel 2.13 Neraca Panas Cooler (C-01)	36
Tabel 2.14 Neraca Panas <i>Cooler</i> (C-02)	37
Tabel 2.15. Keterangan Tata Letak Pabrik	40
Tabel 2.16. Perincian Luas Tanah	41
Tabel 2.17. Keterangan Lay Out Proses.....	43
Tabel 3.1 Desain dan Spesifikasi Tangki Penyimpanan.....	44

Tabel 3. 2 Spesifikasi Belt Conveyor	46
Tabel 3.3 Desain dan Spesifikasi Pemanas (H-01)	47
Tabel 3.4 <i>Reactive Distillation</i> (RD-01)	48
Tabel 3. 5 Desain dan Spesifikasi Membran Pervaporasi (MP-01)	51
Tabel 4.1. Syarat Air Pendingin	54
Tabel 4.2. Kebutuhan Air Pendingin.....	54
Tabel 4.3. Kebutuhan Listrik untuk Alat Proses	59
Tabel 4.4. Kebutuhan Listrik untuk Utilitas	60
Tabel 4.5. Kebutuhan Lumen Penerangan Pabrik	61
Tabel 4.6. Kebutuhan Listrik untuk Pendingin Udara.....	62
Tabel 4.7. Kebutuhan Steam	65
Tabel 4. 8 Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Industri Petrokimia Hulu .72	
Tabel 4. 9 Hazard Identification, Risk Assessment, and Determining Control (HIRADC) pada Pabrik Sodium Methylate	78
Tabel 4. 10 Daftar Instrumentasi pada Peralatan di Pabrik Sodium Methylate	82
Tabel 5. 1 Perbandingan PT Terbuka, PT Tertutup, dan CV (Nurnaningsih & Solihin, 2020; Selvia et al., 2024)	85
Tabel 5. 2 Penggolongan Jabatan.....	94
Tabel 5.3. Jadwal Kerja Masing-masing Regu.....	96
Tabel 5.4. Perincian Jumlah Karyawan Shift Produksi	97
Tabel 5.5. Jumlah Karyawan Utilitas	97
Tabel 5.6. Jumlah Karyawan HSE Lingkungan, Lab Analisis, dan Maintenance.....	98
Tabel 5.7. Perincian Jumlah Tenaga Kerja	98
Tabel 5.8. Penggolongan Gaji Menurut Jabatan.....	99
Tabel 6.1. <i>Troubleshooting</i>	107
Tabel 7.1. Data CEPCI (<i>toweringskills.com</i>)	122
Tabel 7. 2 Harga Alat (https://www.matche.com/equipcost/EquipmentIndex.html).....	123
Tabel 7.3. Total direct cost	134
Tabel 7.4. Total indirect cost	134
Tabel 7.5. Total Fixed Capital Investment.....	134
Tabel 7.6. <i>Total Capital Investment</i>	135
Tabel 7.7. <i>Direct Manufacturing Cost</i>	136
Tabel 7.8. Fixed Charge	136
Tabel 7.9. Total Manufacturing Cost.....	136

Tabel 7.10. General Expenses	137
Tabel 8. 1. <i>Inventory data</i> dari proses produksi sodium methylate	144

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Data Kebutuhan Sodium Methylate di Indonesia	3
Gambar 1. 2 Lokasi Pendirian Pabrik Sodium Methylate	14
Gambar 2.1. Process Flow Diagram Sodium methylate 30%.....	31
Gambar 2.2 Blok Diagram Massa Mixing Tank (MT-01)	32
Gambar 2.3 Blok Diagram Massa <i>Reactive Distillation</i> RD-01.....	33
Gambar 2.4 Blok Diagram Massa Membran Pervaporasi	33
Gambar 2.5 Blok Diagram Neraca Panas Heater H-01	34
Gambar 2.6 Blok Diagram Neraca Panas <i>Reactive Distillation</i> RD-01	35
Gambar 2.7 Blok Diagram Neraca Panas <i>Cooler</i> C-01	36
Gambar 2.8 Blok Diagram Neraca Panas <i>Cooler</i> C-02	37
Gambar 4. 1 <i>Plant air unit block diagram</i>	68
Gambar 4. 2 <i>Instrument air unit block diagram</i>	68
Gambar 5.1. Struktur Organisasi.....	89
Gambar 7.1. Grafik data CEPCI 2015-2023	123
Gambar 7.2. <i>Grafik Analisa Kelayakan</i>	142
Gambar 8. 1. <i>System boundary</i> dari proses produksi sodium methylate	144
Gambar 8. 2 Hasil Normalisasi Reaction System.....	145
Gambar 8. 3 Hasil Normalisasi Separation System	146

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Tuhan Yang Maha Esa atas limpahan rahmat selama ini sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir dengan Judul “**Prarancangan Pabrik Sodium Methylate 30% dari Metanol dan Natrium Hidroksida Menggunakan Proses *Reactive Distillation - Pervaporation* dengan Kapasitas 80.000 Ton/Tahun**”. Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan tugas akhir ini tidak lepas dari bantuan dan bimbingan berbagai pihak. Oleh karena itu, penyusun menyampaikan terima kasih kepada:

1. Gianto selaku Papa yang selalu memberi dukungan emosional dan material kepada penulis sehingga semua kebutuhan dalam proses pengerjaan tugas akhir dapat terpenuhi.
2. Almh. Ernawati selaku Mama yang mungkin tidak sempat kebersamai penulis dalam pengerjaan tugas akhir. Namun, jiwanya yang tidak pernah mati selalu menyemangati hari-hari penulis untuk menyelesaikan tugas akhir.
3. Megan Sanjaya Adiputra Gianto selaku kakak penulis yang memberi support material dan emosional sehingga membuat penulis tidak pernah merasa sendiri dan dapat menjawab semua kebingungan penulis selama pengerjaan tugas akhir
4. Dwi Yulandari selaku Nenek penulis yang selalu mendoakan dan memberi support emosional dan dukungan kepada penulis sehingga memberikan motivasi supaya tugas akhir ini bisa selesai.
5. Salsa Kamilia selaku partner tugas akhir, yang senantiasa berjuang dan memberikan semangat dan dukungan satu sama lain sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir dengan lancar tanpa adanya suatu kendala yang berarti.
6. Abdullah Malik Islam Filardli, S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang membimbing dan mengarahkan sehingga penulis dapat lebih memahami dan mengerti tentang banyak hal yang ada di Teknik kimia serta dapat menyelesaikan tugas akhir dengan baik dan benar.
7. Seluruh Dosen Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Kimia Industri Departemen Teknologi Industri Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
8. Teman-teman Teknologi Rekayasa Kimia Industri angkatan 2022 yang telah membantu hingga terselesaikannya tugas akhir ini. Semoga segala bantuan yang telah diberikan, diberi balasan yang setimpal dari Tuhan Yang Maha Esa.
9. *Spotify* dan kumpulan *playlist* punyanyatata yang selalu menemani proses pengerjaan tugas akhir ini sampai selesai. Kumpulan lagu kesukaan dari berbagai genre dan background mulai dari SO7, Perunggu, Rumahsakit, A7X, Oasis, MCR, Paramore, JPCC,

Hillsong, dan masih banyak lagi. Terima kasih sudah memberi semangat dan menghilangkan rasa kantuk pada proses pengerjaan tugas akhir ini.

10. *Last but not least*, Yessy Nathania, saya sendiri. Terima kasih untuk segala perjuangan dan lelah yang sudah dilalui selama ini. Terima kasih sudah menyelesaikan apa yang sudah kamu mulai. Terima kasih sudah menjaga dirimu sendiri agar tetap waras di tengah gilanya apa yang sudah kamu lalui. Terima kasih sudah menjadi penulis yang sekarang, yang tidak pernah kamu duga akan berada di titik ini dimana mungkin bukan hal yang sesuai keinginanmu dulu. Terima kasih sudah bertahan, Tata.

Penyusun menyadari keterbatasan dan kemampuan dalam penyusunan tugas akhir ini, oleh karena itu penyusun mengarapkan saran dan kritik yang bersifat membangun sehingga dapat bermanfaat bagi penyusun untuk menyempurnakan tugas akhir ini.

Semarang, 9 Juni 2026

Penyusun

INTISARI

Pabrik Sodium Methylate direncanakan berdiri untuk memenuhi kebutuhan industri kimia yang terus meningkat baik di dalam negeri maupun pasar ekspor, khususnya sebagai katalis utama dalam produksi biodiesel. Pabrik ini dirancang dengan kapasitas sebesar 80.000 ton/tahun menggunakan bahan baku berupa Metanol dan Natrium Hidroksida (NaOH). Proses produksi yang digunakan menerapkan integrasi teknologi *Reactive Distillation* (RD) dan *Pervaporation* (PV). Penggunaan menara *reactive distillation* berfungsi untuk menyatukan zona reaksi pembentukan sodium methylate yang bersifat reversibel dan zona pemisahan secara simultan, sehingga kesetimbangan reaksi dapat bergeser ke arah produk dengan mendistilasi air dan sisa metanol. Untuk memurnikan kembali metanol dari sisa reaksi, teknologi *pervaporation membrane* digunakan untuk memisahkan campuran azeotrop air-metanol secara efisien guna meminimalkan konsumsi energi dibandingkan dengan metode distilasi konvensional.

Berdasarkan analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap rancangan pabrik ini, diperoleh parameter kelayakan finansial yang komprehensif. Biaya operasional variabel (*variable expenses*) tercatat sebesar Rp119.255.840,46 dan biaya tetap (*fixed expenses*) adalah sebesar Rp32.062.865,51. Melalui perhitungan titik potong antara garis total pengeluaran operasional dan garis pendapatan dari penjualan produk, diperoleh nilai *Break Even Point* (BEP) sebesar 49,52%. Nilai BEP ini menunjukkan bahwa pabrik sudah mampu mencapai titik impas dan mulai menghasilkan keuntungan ketika kapasitas produksinya menyentuh angka sekitar setengah dari kapasitas total rancangan. Berdasarkan indikator-indikator teknis dan finansial tersebut, pabrik Sodium Methylate dengan kapasitas 80.000 ton/tahun ini dinilai memiliki prospek ekonomi yang baik serta layak untuk didirikan.

Kata Kunci: *Sodium Methylate*, Metanol, Natrium Hidroksida, *Reactive distillation*, *Pervaporation*, *Break Even Point*.